

# MAINTENANCE CONTROL DEVICE AND MAINTENANCE CONTROL METHOD FOR STRUCTURAL PART

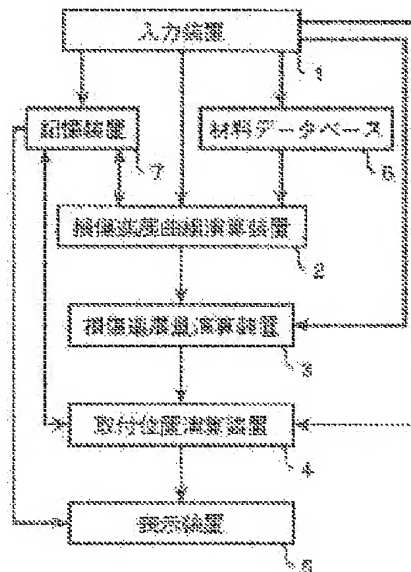
**Patent number:** JP10062313 (A)  
**Publication date:** 1998-03-06  
**Inventor(s):** ISOBE NOBUHIRO; SAKURAI SHIGEO; KUNIHIRO MASATSUGU  
**Applicant(s):** HITACHI LTD  
**Classification:**  
- international: **G01M19/00; G01M19/00;** (IPC1-7): G01M19/00  
- european:  
**Application number:** JP19960220983 19960822  
**Priority number(s):** JP19960220983 19960822

**Also published as:**

JP3303685 (B2)

## Abstract of JP 10062313 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively use a part just before the expiration of the life by determining a damage development curve in each mounting position of parts and calculating the combination of mounting positions between scheduled periodic inspections on the basis of it.  
**SOLUTION:** A damage development curve arithmetic device 2 calculates a damage development curve on the basis of the initial crack length of a stationary blade, the maximum crack length of one stationary blade and the start/stop frequency of a gas turbine. A damage developing quantity arithmetic device 3 calculates the developing quantity of the maximum crack between future periodic inspections on the basis of the start/stop frequency and damage development curve between future scheduled periodic inspections, and transmits it to a mounting position arithmetic device 4. The device 4 calculates the combination of mounting positions on the basis of this input data and the upper and lower limit values of the maximum crack allowable limit range. The mounting position between periodic inspections of each stationary blade, the periodic inspection time for stationary blade disposal, the number of stationary blades not reaching the crack lower limit value, and the maximum crack length in each periodic inspection are displayed on a display device 5 so that a proper part control can be performed.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-62313

(43)公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 M 19/00			G 0 1 M 19/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 14 頁)

(21)出願番号	特願平8-220983	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成8年(1996)8月22日	(72)発明者	磯部 展宏 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
		(72)発明者	桜井 茂雄 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
		(72)発明者	国広 昌嗣 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
		(74)代理人	弁理士 小川 勝男

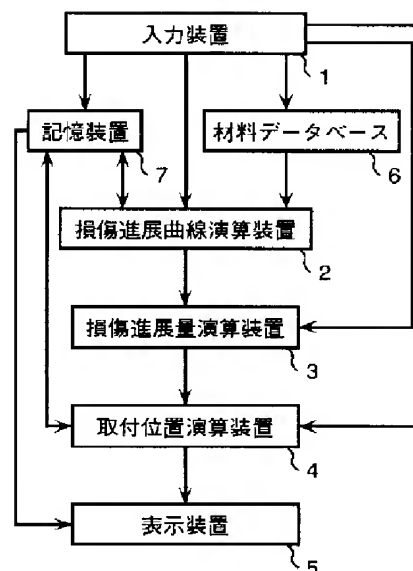
(54)【発明の名称】 構造部品の保守管理装置及び保守管理方法

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、構造部品の寿命に至る寸前迄有効に使用可能な構造部品の保守管理装置と保守管理方法を提供することにある。

【解決手段】本発明の構造部品の保守管理装置は、同一形状の複数個の構造部品が取り付けられる取付位置に依存する各々の前記構造部品の損傷量と負荷繰返し数との関係に基づいて、所定の負荷繰返し数後の各々の前記損傷量を推定し、推定された損傷量が、前記構造部品の寿命寸前の損傷量の所定の範囲内に到達する前記構造部品を特定する演算装置と、特定された構造部品と前記特定された構造部品が取り付けられる取付位置とを表示する表示装置とを有する。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】同一形状の複数の構造部品を保守管理する構造部品の保守管理装置において、前記構造部品が取り付けられる取付位置に依存する各々の前記構造部品の損傷量と負荷繰返し数との関係に基づいて、所定の負荷繰返し数後の各々の前記損傷量を推定し、推定された損傷量が、前記構造部品の寿命寸前の損傷量の所定の範囲内に到達する前記構造部品を特定する演算装置と、

特定された構造部品と前記特定された構造部品が取り付けられる取付位置とを表示する表示装置とを有することを特徴とする構造部品の保守管理装置。

【請求項2】同一形状の複数の構造部品を保守管理する構造部品の保守管理装置において、

第一の時点における前記各々の構造部品に発生した第一のき裂長さと、前記第一の時点よりも時間的に後にある第二の時点における前記各々の構造部品に発生した第二のき裂長さと、前記第一の時点と前記第二の時点との間における前記各々の構造部品の第一の負荷繰返し数とに基づいて、前記各々の構造部品のき裂長さと負荷繰返し数との関係を演算する第一の演算装置と、

前記第二のき裂長さと、前記第二の時点と前記第二の時点よりも時間的に後にある第三の時点との間における前記各々の構造部品の第二の負荷繰返し数とを、前記き裂長さと負荷繰返し数との関係に適用して、前記第二の時点と前記第三の時点との間におけるき裂進展量を演算する第二の演算装置と、

前記第二のき裂長さと前記き裂進展量とを加算した前記第三の時点における第三のき裂長さが、前記構造部品の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記き裂進展量を演算する第三の演算装置と、演算されたき裂進展量に該当するき裂長さと負荷繰返し数との関係に基づいて、前記構造部品が取り付けられる取付位置を表示する表示装置とを有することを特徴とする構造部品の保守管理装置。

【請求項3】請求項2に記載の構造部品の保守管理装置において、

前記き裂長さと負荷繰返し数との関係を記憶する記憶装置を有することを特徴とする構造部品の保守管理装置。

【請求項4】請求項2に記載の構造部品の保守管理装置において、

前記第三の演算装置は、前記第二の時点と前記第三の時点との間に、前記き裂進展量に該当するき裂長さと負荷繰返し数との関係に基づく前記取付位置が同一となる構造部品が二以上存在すること、判定することを特徴とする構造部品の保守管理装置。

【請求項5】請求項4に記載の構造部品の保守管理装置において、

前記第三の演算装置は、前記第三のき裂長さが前記所定

の範囲内に到達する構造部品の数が最も多い、前記各々の構造部品に対応するき裂進展量の組み合わせを演算することを特徴とする構造部品の保守管理装置。

【請求項6】ガスタービン静翼を保守管理するガスタービン静翼の保守管理装置において、

前記各々の静翼表面の初期き裂長さと第一の定期点検で検出した前記各々の静翼表面の第一の最大き裂長さとの偏差を、ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の第一のガスタービンの起動・停止回数で割り、前記ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の前記各々の静翼のき裂進展平均速度を演算する第一の演算過程と、前記き裂進展平均速度と前記静翼の材料と前記静翼の使用環境温度とに対応するき裂進展に関する材料定数とから、前記各々の静翼のき裂進展に関する応力拡大係数幅を演算する第二の演算過程と、前記応力拡大係数幅と前記初期き裂長さから、前記各々の静翼の前記第一の最大き裂が発生した位置に作用する応力を演算する第三の演算過程と、前記第一の最大き裂長さと前記き裂進展平均速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第一のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さを演算する第四の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記応力とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数を演算する第五の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数と前記材料定数とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度を演算する第六の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第二のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止2回後の最大き裂長さを演算する第七の演算過程とを有し、前記第五の演算過程から前記第七の演算過程迄を繰り返して、前記各々の静翼のき裂長さと負荷繰返し数との関係を示す損傷進展曲線を演算する損傷進展曲線演算装置と、前記損傷進展曲線を記憶する記憶装置と、前記第一の最大き裂長さと前記第一の定期点検から今後予定される第二の定期点検迄の間の第二のガスタービンの起動・停止回数とを、前記損傷進展曲線に適用して、前記各々の静翼の前記第二の定期点検における第二の最大き裂長さを推定し、前記第二の最大き裂長さから前記第一の最大き裂長さを減算して、前記各々の静翼の前記第一の定期点検から前記第二の定期点検迄の間の最大き裂進展量を推定する損傷進展量演算装置と、前記第一の最大き裂長さと推定された最大き裂進展量とを加算した前記第二の最大き裂長さが、前記静翼の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記静翼に対応する前記推定された最大き裂進展量の組み合わせを演算する取付位置演算装置と、

10

20

30

40

50

前記推定された最大き裂進展量に該当する損傷進展曲線に基づいて、前記第一の定期点検と前記第二の定期点検との間の前記静翼が取り付けられる取付位置又は前記ガスタービンに送る燃焼ガスを発生する燃焼器の出力量を、表及び／又は図として表示する表示装置とを有することを特徴とするガスタービン静翼の保守管理装置。

【請求項7】同一形状の複数個の構造部品を保守管理する構造部品の保守管理方法において、前記構造部品が取り付けられる取付位置に依存する各々の前記構造部品の損傷量と負荷繰返し数との関係に基づいて、所定の負荷繰返し数後の各々の前記損傷量を推定し、推定された損傷量が、前記構造部品の寿命寸前の損傷量の所定の範囲内に到達する前記構造部品を特定し、特定された構造部品と前記特定された構造部品が取り付けられる取付位置とを表示することを特徴とする構造部品の保守管理方法。

【請求項8】同一形状の複数個の構造部品を保守管理する構造部品の保守管理方法において、第一の時点における前記各々の構造部品に発生した第一のき裂長さと、前記第一の時点よりも時間的に後にある第二の時点における前記各々の構造部品に発生した第二のき裂長さと、前記第一の時点と前記第二の時点との間における前記各々の構造部品の第一の負荷繰返し数とに基づいて、前記各々の構造部品のき裂長さと負荷繰返し数との関係を演算し、前記第二のき裂長さと、前記第二の時点と前記第二の時点よりも時間的に後にある第三の時点との間における前記各々の構造部品の第二の負荷繰返し数とを、前記き裂長さと負荷繰返し数との関係に適用して、前記第二の時点と前記第三の時点との間におけるき裂進展量を演算し、前記第二のき裂長さと前記き裂進展量とを加算した前記第三の時点における第三のき裂長さが、前記構造部品の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記き裂進展量を演算し、演算されたき裂進展量に該当するき裂長さと負荷繰返し数との関係に基づいて、前記構造部品が取り付けられる取付位置を表示することを特徴とする構造部品の保守管理方法。

【請求項9】ガスタービン静翼を保守管理するガスタービン静翼の保守管理方法において、前記各々の静翼表面の初期き裂長さと第一の定期点検で検出した前記各々の静翼表面の第一の最大き裂長さとの偏差を、ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の第一のガスタービンの起動・停止回数で割り、前記ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の前記各々の静翼のき裂進展平均速度を演算する第一の過程と、

前記き裂進展平均速度と前記静翼の材料と前記静翼の使

用環境温度とに対応するき裂進展に関する材料定数とから、前記各々の静翼のき裂進展に関する応力拡大係数幅を演算する第二の過程と、

前記応力拡大係数幅と前記初期き裂長さから、前記各々の静翼の前記第一の最大き裂が発生した位置に作用する応力を演算する第三の過程と、

前記第一の最大き裂長さと前記き裂進展平均速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第一のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さを演算する第四の過程と、

前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記応力とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数を演算する第五の過程と、

前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数と前記材料定数とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度を演算する第六の過程と、

前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第二のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止2回後の最大き裂長さを演算する第七の過程と、

前記第五の演算過程から前記第七の演算過程迄を繰り返して、前記各々の静翼のき裂長さと負荷繰返し数との関係を示す損傷進展曲線を演算する第八の過程と、

前記第一の最大き裂長さと前記第一の定期点検から今後予定される第二の定期点検迄の間の第二のガスタービンの起動・停止回数とを、前記損傷進展曲線に適用して、前記各々の静翼の前記第二の定期点検における第二の最大き裂長さを推定する第九の過程と、

前記第二の最大き裂長さから前記第一の最大き裂長さを減算して、前記各々の静翼の前記第一の定期点検から前記第二の定期点検迄の間の最大き裂進展量を推定する第十の過程と、

前記第一の最大き裂長さと推定された最大き裂進展量とを加算した前記第二の最大き裂長さが、前記静翼の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記静翼に対応する前記推定された最大き裂進展量の組み合わせを演算する第十一の過程と、

前記推定された最大き裂進展量に該当する損傷進展曲線に基づいて、前記第一の定期点検と前記第二の定期点検との間の前記静翼が取り付けられる取付位置又は前記ガスタービンに送る燃焼ガスを発生する燃焼器の出力量を、表及び／又は図として表示する第十二の過程とを有することを特徴とするガスタービン静翼の保守管理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同一形状の複数個の構造部品を保守管理する構造部品の保守管理装置及び

保守管理方法に係り、特に、ガスタービンの静翼や動翼、蒸気タービンの静翼や動翼、燃焼器のライナやトランジションピース等の構造部品の保守管理装置と保守管理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】発電所のガスタービンの静翼や動翼、蒸気タービンの静翼や動翼、燃焼器のライナやトランジションピース等の構造部品は、過酷な条件下（高温雰囲気中、湿り雰囲気中、繰り返し荷重下等）で使用されるため、クリープ、疲労、腐食等により損傷を受け、破壊する。これを未然に防止するために、発電所においては、1～2年間隔でプラントを定期的に停止し、前記構造部品の損傷の頻度（例えば構造部品の表面に発生したき裂の長さ等）を検出し、その寿命を評価する。そして、必要に応じて、前記構造部品の補修或いは前記構造部品の交換を行う。これを、定期点検と呼ぶ。

【0003】従来の技術として、特開平4-282455号公報には、高温で使用される構造部品の金属組織変化、高温酸化・腐食量、及び変形量を各々計測し、それぞれの許容限界値に到達する迄の余寿命年数を求め、金属組織変化、高温酸化・腐食量、及び変形量のうち、少なくとも1つの値に基づいてき裂発生に係わる材料特性を推定し、且つ構造部品の運転条件に基づいてき裂発生迄の余寿命年数を求め、金属組織変化、高温酸化・腐食量、及び変形量のうち、少なくとも1つの値に基づいてき裂伝播・破壊に係わる材料特性を推定し、且つ構造部品の運転条件に基づいてき裂伝播・破壊迄の余寿命年数を求め、上述した各々の余寿命年数を比較し、最短の余寿命年数に基づいて構造部品の交換、補修等の保守管理を行う構造部品の保守管理方法およびその保守管理装置が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の技術では、高温状態で使用される構造部品の各々の劣化・損傷状態と補修履歴を、総合的に評価・判定して、的確な補修・交換を判断するものであり、各々の構造部品の劣化・損傷状態の差異については考慮されていない。

【0005】例えば、発電所のガスタービン等は、同一形状の複数個の静翼を有し、かつ静翼毎に損傷の進展速度が異なるため、次回定期点検迄使用不可能と判断された静翼が、他の取付位置に使用可能なことがある。係る静翼を廃棄することは、発電プラントの低運用コスト化の上で、非常に大きな弊害となる。

【0006】本発明の目的は、構造部品を寿命に至る寸前迄有効に使用可能な構造部品の保守管理装置と保守管理方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために第一の発明の構造部品の保守管理装置は、同一形状の複数個の構造部品が取り付けられる取付位置に依存する

各々の前記構造部品の損傷量と負荷繰り返し数との関係に基づいて、所定の負荷繰り返し数後の各々の前記損傷量を推定し、推定された損傷量が、前記構造部品の寿命寸前の損傷量の所定の範囲内に到達する前記構造部品を特定する演算装置と、特定された構造部品と前記特定された構造部品が取り付けられる取付位置とを表示する表示装置とを有する。

【0008】また、第二の発明の構造部品の保守管理装置は、第一の時点における各々の構造部品に発生した第一のき裂長さと、前記第一の時点よりも時間的に後にある第二の時点における前記各々の構造部品に発生した第二のき裂長さと、前記第一の時点と前記第二の時点との間における前記各々の構造部品の第一の負荷繰り返し数とに基づいて、前記各々の構造部品のき裂長さと負荷繰り返し数との関係を演算する第一の演算装置と、前記第二のき裂長さと、前記第二の時点と前記第二の時点よりも時間的に後にある第三の時点との間における前記各々の構造部品の第二の負荷繰り返し数とを、前記き裂長さと負荷繰り返し数との関係に適用して、前記第二の時点と前記第三の時点との間におけるき裂進展量を演算する第二の演算装置と、前記第二のき裂長さと前記き裂進展量とを加算した前記第三の時点における第三のき裂長さが、前記構造部品の寿命寸前のき裂長の所定の範囲内に到達する前記き裂進展量を演算する第三の演算装置と、演算されたき裂進展量に該当するき裂長さと負荷繰り返し数との関係に基づいて、前記構造部品が取り付けられる取付位置を表示する表示装置とを有する。

【0009】また、第三の発明のガスタービン静翼の保守管理装置は、前記各々の静翼表面の初期き裂長さと第一の定期点検で検出した前記各々の静翼表面の第一の最大き裂長さととの偏差を、ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の第一のガスタービンの起動・停止回数で割り、前記ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の前記各々の静翼のき裂進展平均速度を演算する第一の演算過程と、前記き裂進展平均速度と前記静翼の材料と前記静翼の使用環境温度とに対応するき裂進展に関する材料定数とから、前記各々の静翼のき裂進展に関する応力拡大係数幅を演算する第二の演算過程と、前記応力拡大係数幅と前記初期き裂長さとから、前記各々の静翼の前記第一の最大き裂が発生した位置に作用する応力を演算する第三の演算過程と、前記第一の最大き裂長さと前記き裂進展平均速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第一のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さを演算する第四の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記応力とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数を演算する第五の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数と前記材料定数とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展

展速度を演算する第六の演算過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第二のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止2回後の最大き裂長さを演算する第七の演算過程とを有し、前記第五の演算過程から前記第七の演算過程迄を繰り返して、前記各々の静翼のき裂長さと負荷繰返し数との関係を示す損傷進展曲線を演算する損傷進展曲線演算装置と、前記損傷進展曲線を記憶する記憶装置と、前記第一の最大き裂長さと前記第一の定期点検から今後予定される第二の定期点検迄の間の第二のガスタービンの起動・停止回数とを、前記損傷進展曲線に適用して、前記各々の静翼の前記第二の定期点検における第二の最大き裂長さを推定し、前記第二の最大き裂長さから前記第一の最大き裂長さを減算して、前記各々の静翼の前記第一の定期点検から前記第二の定期点検迄の間の最大き裂進展量を推定する損傷進展量演算装置と、前記第一の最大き裂長さと推定された最大き裂進展量とを加算した前記第二の最大き裂長さが、前記静翼の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記静翼に対応する前記推定された最大き裂進展量の組み合わせを演算する取付位置演算装置と、前記推定された最大き裂進展量に該当する損傷進展曲線に基づいて、前記第一の定期点検と前記第二の定期点検との間の前記静翼が取り付けられる取付位置又は前記ガスタービンに送る燃焼ガスを発生する燃焼器の出力量を、表及び／又は図として表示する表示装置とを有する。

【0010】また、第四の発明の構造部品の保守管理方法は、同一形状の複数の構造部品が取り付けられる取付位置に依存する各々の前記構造部品の損傷量と負荷繰返し数との関係に基づいて、所定の負荷繰返し数後の各々の前記損傷量を推定し、推定された損傷量が、前記構造部品の寿命寸前の損傷量の所定の範囲内に到達する前記構造部品を特定し、特定された構造部品と前記特定された構造部品が取り付けられる取付位置とを表示する。

【0011】また、第五の発明の構造部品の保守管理方法は、第一の時点における各々の構造部品に発生した第一のき裂長さと、前記第一の時点よりも時間的に後にある第二の時点における前記各々の構造部品に発生した第二のき裂長さと、前記第一の時点と前記第二の時点との間における前記各々の構造部品の第一の負荷繰返し数とに基づいて、前記各々の構造部品のき裂長さと負荷繰返し数との関係を演算し、前記第二のき裂長さと、前記第二の時点と前記第二の時点よりも時間的に後にある第三の時点との間における前記各々の構造部品の第二の負荷繰返し数とを、前記き裂長さと負荷繰返し数との関係に適用して、前記第二の時点と前記第三の時点との間におけるき裂進展量を演算し、前記第二のき裂長さ

と前記き裂進展量とを加算した前記第三の時点における第三のき裂長さが、前記構造部品の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記き裂進展量を演算し、演算されたき裂進展量に該当するき裂長さと負荷繰返し数との関係に基づいて、前記構造部品が取り付けられる取付位置を表示する。

【0012】また、第六の発明のガスタービン静翼の保守管理方法は、前記各々の静翼表面の初期き裂長さと第一の定期点検で検出した前記各々の静翼表面の第一の最大き裂長さとの偏差を、ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の第一のガスタービンの起動・停止回数で割り、前記ガスタービンの運転開始から前記第一の定期点検迄の間の前記各々の静翼のき裂進展平均速度を演算する第一の過程と、前記き裂進展平均速度と前記静翼の材料と前記静翼の使用環境温度とに対応するき裂進展に関する材料定数とから、前記各々の静翼のき裂進展に関する応力拡大係数幅を演算する第二の過程と、前記応力拡大係数幅と前記初期き裂長さから、前記各々の静翼の前記第一の最大き裂が発生した位置に作用する応力を演算する第三の過程と、前記第一の最大き裂長さと前記き裂進展平均速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第一のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さを演算する第四の過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記応力とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数を演算する第五の過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の応力拡大係数と前記材料定数とから、前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度を演算する第六の過程と、前記ガスタービンの起動・停止1回後の最大き裂長さと前記ガスタービンの起動・停止1回後のき裂進展速度から演算される前記ガスタービンの1起動・停止当たりの第二のき裂進展量とを加算して、前記ガスタービンの起動・停止2回後の最大き裂長さを演算する第七の過程と、前記第五の演算過程から前記第七の演算過程迄を繰り返して、前記各々の静翼のき裂長さと負荷繰返し数との関係を示す損傷進展曲線を演算する第八の過程と、前記第一の最大き裂長さと前記第一の定期点検から今後予定される第二の定期点検迄の間の第二のガスタービンの起動・停止回数とを、前記損傷進展曲線に適用して、前記各々の静翼の前記第二の定期点検における第二の最大き裂長さを推定する第九の過程と、前記第二の最大き裂長さから前記第一の最大き裂長さを減算して、前記各々の静翼の前記第一の定期点検から前記第二の定期点検迄の間の最大き裂進展量を推定する第十の過程と、前記第一の最大き裂長さと推定された最大き裂進展量とを加算した前記第二の最大き裂長さが、前記静翼の寿命寸前のき裂長さの所定の範囲内に到達する前記静翼に対応する前記推定された最大き裂進展量の組み合わせを演算する第十一の過程と、前記推定された最大き裂

進展量に該当する損傷進展曲線に基づいて、前記第一の定期点検と前記第二の定期点検との間の前記静翼が取り付けられる取付位置又は前記ガスタービンに送る燃焼ガスを発生する燃焼器の出力量を、表及び／又は図として表示する第十二の過程とを有する。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明は、同一形状の構造部品を複数個有する構造物において、前記構造部品が取付位置に依存して破壊に至る寿命が異なることを利用して、予定される将来の時点（例えば、発電所の定期点検等）に、前記構造部品が寿命寸前に至るように、前記構造部品の取付位置の組み合わせを演算し、その演算結果を表示するものである。そして、予定される将来の時点に、構造物を点検する点検員が、取付位置の演算結果の表示に従い、複数の構造部品の相互間で配置替えを行う。

【0014】以下に、構造部品の配置替えの概念を、構造部品Pと構造部品Qとを対象として説明する。図1に、構造部品中に発生する損傷の大きさ（以下、損傷量と称す。）2Dと、構造部品の負荷繰り返し数Nとの関係を示す。図1中、 $N_k$ は第k回目の定期点検時迄の負荷繰り返し数、 $N_{k+1}$ は第(k+1)回目の定期点検

（次回定期点検）時迄の負荷繰り返し数、 $2D_p$ は第k回目の定期点検時に検出した構造部品P中の損傷量、 $2D_q$ は第k回目の定期点検時に検出した構造部品Q中の損傷量、 $2D_r$ は構造部品が破壊に至る寸前の限界の損傷量（以下、限界損傷量と称す。）を示す。図1中、実線で示される曲線P及び曲線Qは、損傷量 $2D_p$ 及び損傷量 $2D_q$ から推定した構造部品P及び構造部品Qの損傷進展曲線である。図1によれば、構造部品Pは次回定期点検に至る前に、破壊に至ることが予想される。一方、構造部品Qは次回定期点検においても、破壊に至らず、破壊に至る迄の損傷量に余裕があることが明らかである。そこで、構造部品Pと構造部品Qの取付位置を交換する。即ち、第k回目の定期点検時迄の構造部品Pの取付位置を位置p、構造部品Qの取付位置を位置qとすると、第k回目の定期点検時に、構造部品Pを位置qに取り付け、構造部品Qを位置pに取り付ける。損傷進展曲線は、取付位置に依存することから、第k回目の定期点検以降の構造部品Pの損傷進展曲線は、損傷量 $2D_p$ 以降の損傷進展曲線Qとなる。同様に、第k回目の定期点検以降の構造部品Qの損傷進展曲線は、損傷量 $2D_q$ 以降の損傷進展曲線Pとなる。第k回目の定期点検以降の構造部品P及び構造部品Qの損傷進展曲線を、図1中の破線で示す。図1によれば、配置替えを行うことにより、構造部品Pの損傷量、構造部品Qの損傷量の何れも、次回定期点検時に $2D_r$ に達することが明らかである。これにより、構造部品P、構造部品Qの何れも、寿命に至る寸前迄有効に使用することが可能となる。

【0015】以下に、発電所のガスタービンの静翼を対象として、本発明の構造部品の保守管理装置と保守管理

方法について説明する。図2に、本発明の構造部品の保守管理装置の第一の実施例の構成図を示す。図2中、1は演算に必要なデータを入力する入力装置（キーボード、マウス、タッチパネル等、或いは入力端子）、2は取付位置の損傷進展曲線を演算する損傷進展曲線演算装置、3は予定される各定期点検間の損傷の進展量（以下、損傷進展量と称す。）を推定する損傷進展量演算装置、4は最適な取付位置の組み合わせを演算する取付位置演算装置、5は取付位置の組み合わせの演算結果を表示する表示装置（CRT、プリンタ等）、6は材料定数等を記憶する材料データベース、7は記憶装置である。

【0016】発電所のガスタービンの静翼は、主にCo基超合金から成る。静翼は、ガスタービンのケーシングの内周に設けられるものであり、ガスタービンの軸の軸方向に対して、複数段設けられるものである。また、一段は、同一形状の静翼が、ガスタービンの軸の周方向に対して、十数枚設けられる。係る静翼は、燃焼器からの燃焼ガスにより、疲労、クリープ或いは腐食等により損傷を受ける。係る静翼は、図3に示すように、同一段であっても、破壊に至る寿命が異なり、その寿命は、取付位置に依存すると考えられる。

【0017】本発明の構造部品の保守管理方法の第一の実施例として、以下に、ガスタービンを使用開始から1年経過後の第1回目の定期点検時の、15枚から成る初段静翼（燃焼ガスの流入口に対して最初に位置する静翼）の保守管理方法について説明する。この1年間に、ガスタービンは、予定される運転スケジュールに従い、 $N_1$ 回の起動・停止を繰り返す。

【0018】ガスタービンの定期点検を行う点検員は、第1回目の定期点検時に、15枚の静翼について、静翼の表面に発生した全てのき裂の長さとそのき裂が発生した位置を検出する。点検員は、第1回目の定期点検迄に使用されていた15枚の静翼、及び予備として保管されている未使用の15枚の静翼の各々に対し、識別子i（但し、iは1～30の連続的な数字であり、i=1～15は使用されていた静翼、i=16～30は未使用の静翼を表すものとする。）を付す。また、静翼の取付位置に識別子j（但し、jは1～15の連続的な数字である。）を付す。そして、点検員は、静翼の表面に発生した最初のき裂（以下、初期き裂と称す。）の長さ $2D_{i+1}$ と、1つの静翼に発生したき裂の内最も長いき裂（以下、最大き裂と称す。これが、静翼の寿命を支配する。）の長さ $2D_{i+1}$ と、ガスタービンを使用してから現在（第1回目の定期点検）迄のガスタービンの起動・停止回数 $dN_1$ と、現在から第2回目の定期点検迄のガスタービンの起動・停止回数 $dN_2$ 、第2回目の定期点検から第3回目の定期点検迄のガスタービンの起動・停止回数 $dN_3$ 、第3回目の定期点検から第4回目の定期点検迄のガスタービンの起動・停止回数 $dN_4$ 、第4回目の定期点検から第5回目の定期点検迄のガスタービン

の起動・停止回数 $dN_i$ とを、入力装置1に入力する。ここで、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ は、負荷の極初期に発生するものであり、点検員により検出され得るものではない。そこで、静翼の金属学的組織の結晶粒径、或いは静翼の非破壊検査の検出感度から、適当な初期き裂長さ $2D_{i,0}$ を設定する。そして、入力装置1は、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ と、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ と、ガスタービンの起動・停止回数 $dN_i$ とを、損傷進展曲線演算装置2に入力する。一方、入力装置1は、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_k$  \*10

$$K = \sigma_i (\pi a)^{1/2} \cdot f$$

但し、 $f$ は部材の形状とき裂の長さ $2a$ に依存する係数である。一方、負荷1回当たりの応力拡大係数の変動幅（以下、応力拡大係数幅と称す。） $\Delta K$ と負荷1回当たりのき裂の進展量（以下、き裂進展速度と称す。） $da$  ※

$$da/dN = C \Delta K^m$$

但し、 $C$ 、 $m$ は、部材の材料と温度に依存する材料定数を示す。

【0022】損傷進展曲線演算装置3において、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ （但し、 $i=1\sim 15$ ）と、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ （但し、 $i=1\sim 15$ ）と、ガスタービンの起動・停止回数 $dN_i$ とに基づいて、以下のステップ（2-1）～（2-8）で、図1に示すような損傷進展曲線 $x_i$ を演算する。

【0023】（2-1）最大き裂長さ $2D_{i,1}$ から初期き裂長さ $2D_{i,0}$ を減算したものを、ガスタービンの起動・停止回数 $dN_i$ で割り、ガスタービンを使用してから現在迄の静翼のき裂進展平均速度を演算する。ここで、初期き裂 $D_{i,0}$ は、負荷の極初期に発生するため、初期き裂 $D_{i,0}$ が発生する負荷繰り返し数 $N_i$ を0と仮定する。

【0024】（2-2）ステップ（2-1）で得たき裂進展平均速度と、予め記憶装置7に記憶されている材料定数 $C$ 、 $m$ とを、（2）式に代入して、応力拡大係数幅 $\Delta K$ を演算する。

【0025】（2-3）ステップ（2-2）で得た応力拡大係数幅 $\Delta K$ と、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ とを、（1）式に代入して、最大き裂が発生した位置に作用する応力（以下、作用応力と称す。） $\sigma_i$ を演算する。係る作用応力 $\sigma_i$ は、不変とする。

【0026】（2-4）最大き裂長さ $2D_{i,1}$ とステップ（2-1）で得たき裂進展平均速度とを加算して、負荷1回後、即ちガスタービン起動・停止1回後の最大き裂長さを演算する。

【0027】（2-5）ステップ（2-4）で得たガスタービン起動・停止1回後の最大き裂長さ $2D_{i,k}$ と、係数 $f$ と、作用応力 $\sigma_i$ とを、（1）式に代入して、ガスタービン起動・停止1回後の応力拡大係数 $K$ を演算する。

【0028】（2-6）ステップ（2-5）で得たガスタービン起動・停止1回後の応力拡大係数 $K$ と、材料定

\*（但し、 $k=2\sim 5$ ）を損傷進展量演算装置3に入力する。又、入力装置1は、取付位置の組み合わせの演算を開始することを示す演算開始信号を材料データベース6に入力する。

【0019】一般に、長さ $2a$ のき裂に、垂直な一様応力 $\sigma$ が作用するとき、き裂進展に関する破壊力学パラメータである応力拡大係数 $K$ は次式で表される。

【0020】

【数1】

…（1）

※ $dN$ との間には、以下の関係が成立する。

【0021】

【数2】

…（2）

数 $C$ 、 $m$ とを（2）式に代入して、ガスタービン起動・停止1回後のき裂進展速度を演算する。

【0029】（2-7）ステップ（2-6）で得たガスタービン起動・停止1回後のき裂進展速度と、ステップ（2-4）で得た負荷1回後の最大き裂長さを加算して、ガスタービン起動・停止2回後の最大き裂長さを演算する。

【0030】（2-8）ステップ（2-7）で得たガスタービン起動・停止2回後の最大き裂長さを、ステップ（2-5）のガスタービン起動・停止1回後の最大き裂長さ $2D_{i,k}$ とみなして、ステップ（2-5）からステップ（2-7）の演算を繰り返し行い、ガスタービン起動・停止3回後の最大き裂長さ、ガスタービン起動・停止4回後の最大き裂長さ、・・・を順次演算し、き裂進展曲線 $x_i$ を得る。

【0031】ここで、静翼に、燃焼ガスの熱により、無視できない程の塑性ひずみが生じる場合は、応力拡大係数 $K$ の代用として、 $J$ 積分 $J$ を用いるのが好ましい。係るき裂進展曲線 $x_i$ は、静翼の取付位置に依存するものであり、第1回目の定期点検時では、 $i=j$ であるため、静翼 $i=1\sim 15$ について演算した損傷進展曲線が、取付位置 $j=1\sim 15$ の損傷進展曲線 $x_j$ に対応する。そして、損傷進展曲線演算装置2は、損傷進展曲線 $x_i$ を損傷進展量演算装置3及び記憶装置7に入力する。

【0032】本実施例では、静翼の形状がわかっているので、係数 $f$ は、静翼の表面に発生した最大き裂長さ $2D_{i,k}$ の関数として定められる。また、き裂進展に関する材料定数 $C$ 、 $m$ は、実験により予め演算されるものであり、静翼の材料と静翼の使用環境温度から定められる。点検員は、係数 $f$ と材料定数 $C$ 、 $m$ とを予め入力装置1に入力する。そして、入力装置1は、係数 $f$ と材料定数 $C$ 、 $m$ とを材料データベース6に入力する。そして、材料データベース6において、係数 $f$ と材料定数

C、mとを記憶し、蓄積する。材料データベース6は、入力装置1からの演算開始信号を受けて、係数fと材料定数C、mとを損傷進展曲線演算装置2に入力する。

【0033】記憶装置7において、損傷進展曲線 $\chi_i$ を記憶する。

【0034】損傷進展量演算装置3において、最大き裂長さ $2D_{i+1}$ （但し、 $i=1\sim15$ ）と、初期き裂長さ $2D_{i0}$ （但し、 $i=16\sim30$ ）と、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_i$ と、損傷進展曲線 $\chi_i$ とに基づいて、以下のステップ（3-1）～（3-7）で、今後予定される定期点検の各々の間の最大き裂長さの変化量を示す最大き裂の進展量 $d2D_{i+1}$ を演算する。

【0035】（3-1）取付位置 $j=1$ の損傷進展曲線 $\chi_1$ に、静翼 $i=1$ の現在の最大き裂長さ $2D_{111}$ を代入して、ガスタービンの起動・停止回数 $N'_1$ を推定する。

（3-2）ガスタービンの起動・停止回数 $N'_1$ に現在から第2回目の定期点検時迄のガスタービンの起動・停止回数 $dN_2$ を加算して、第2回目の定期点検時のガスタービンの起動・停止回数（ $N'_1+dN_2$ ）を演算する。

【0036】（3-3）損傷進展曲線 $\chi_1$ に、第2回目の定期点検時のガスタービンの起動・停止回数（ $N'_1+dN_2$ ）を代入して、第2回目の定期点検時の最大き裂長さ $2D_{112}$ を演算する。

【0037】（3-4）第2回目の定期点検時の最大き裂長さ $2D_{112}$ から現在の最大き裂長さ $2D_{111}$ を減算して、現在から第2回目の定期点検時迄の最大き裂の進展量 $d2D_{112}$ を演算する。

【0038】（3-5）ステップ（3-1）～（3-4）の演算を $k=2\sim5$ の各定期点検間について、即ち第2回目の定期点検から第3回目の定期点検迄の間、第3回目の定期点検から第4回目の定期点検迄の間、第4回目の定期点検から第5回目の定期点検迄の間について行う。

【0039】（3-6）ステップ（3-5）の演算を取付位置 $j=2\sim15$ について、即ち $j=2\sim15$ の損傷進展曲線 $\chi_j$ について行う。

【0040】（3-7）ステップ（3-6）の演算を静翼 $i=2\sim30$ について行う。但し、静翼 $i=16\sim30$ の現在の定期点検時の最大き裂長さは、初期き裂長さ $2D_{i0}$ とする。

10

20

30

\*

$$2D_{i+k} = 2D_{i+1} + d2D_{i+2} + \dots + d2D_{i+k} \quad \dots (3)$$

（2）ステップ（4-2）で、静翼 $i=1$ について、 $2D_1 < 2D_{1+n} < 2D_u$ を満足する取付位置 $j$ の組み合わせを、記憶された演算結果の中から1つ抽出する。静翼 $i=1$ については、比較対象となる静翼が存在しないため、ステップ（4-3）の判定がNoとなる。また、 $i=I$ （但し、 $I$ は使用する静翼の数であり、本実施例

\*【0041】そして、損傷進展量演算装置3は、今後予定される定期点検の各々の間の各取付位置の最大き裂の進展量 $d2D_{i+2}$ 、 $d2D_{i+3}$ 、 $d2D_{i+4}$ 、 $d2D_{i+5}$ を取付位置演算装置4に入力する。

【0042】一方、点検員は、静翼の最大き裂の許容限界範囲の上限値 $2D_u$ （限界損傷量）と下限値 $2D_l$ とを、予め入力装置1に入力する。最大き裂の許容限界範囲の上限値 $2D_u$ は、それ以上進展すると静翼の信頼性が維持できなくなる最大き裂長さを示す。例えば、静翼を深さ方向に貫通するき裂の静翼表面の長さ等である。また、最大き裂の許容限界範囲の下限値 $2D_l$ は、限界損傷量に到達していないが、廃棄したほうが合理的であると判断されるもので、通常、定期点検間に予定されるガスタービンの起動・停止回数や損傷進展曲線の勾配や静翼の経済性等との兼ね合いから決定する。例えば、取付位置 $j=1\sim15$ の損傷進展曲線 $\chi_j$ の内、損傷進展曲線 $\chi_j$ の勾配が最も小さい損傷進展曲線 $\chi_j$ において、限界損傷量に相当するガスタービンの起動・停止回数から、定期点検間に予定されるガスタービンの起動・停止回数を減算して得たガスタービンの起動・停止回数に相当するき裂の長さ等である。そして、入力装置1は、最大き裂の許容限界範囲の上限値 $2D_u$ （限界損傷量）と下限値 $2D_l$ とを取付位置演算装置4に入力する。取付位置演算装置4において、現在の最大き裂長さ $2D_{i+1}$ （但し、 $i=1\sim15$ ）と、初期き裂長さ $2D_{i0}$ （但し、 $i=16\sim30$ ）と、予定される各定期点検間の各取付位置の最大き裂の進展量 $d2D_{i+2}$ 、 $d2D_{i+3}$ 、 $d2D_{i+4}$ 、 $d2D_{i+5}$ と、最大き裂の許容限界範囲の上限値 $2D_u$ （限界損傷量）と下限値 $2D_l$ とに基づいて、図4に示すステップ（4-1）～（4-12）で、 $2D_l < 2D_{i+n} < 2D_u$ （但し、 $n \leq 5$ ）を満足する取付位置 $j$ の組み合わせを演算する。以下に、その演算手順を具体的に示す。

【0043】（1）ステップ（4-1）で、静翼 $i=1\sim15$ について、 $2D_l < 2D_{i+n} < 2D_u$ を満足する取付位置 $j$ の組み合わせを全て演算する。係る演算結果は、例えば、（1 1 1 1）、（2 1 3 7）、（3 5 11 15）等のように数列（ $J_1, J_2, J_3, J_4$ ）で示される。そして、係る演算結果を記憶する。ここで、 $2D_{i+k}$ は、次式で表される。

【0044】

【数3】

では、 $I=15$ である。）ではないため、ステップ（4-3）の判定がNoとなる。ステップ（4-5）で、 $i=2$ として、ステップ（4-2）の演算を行う。

【0045】（3）次に、ステップ（4-2）で、静翼 $i=2$ について、 $2D_l < 2D_{i+n} < 2D_u$ を満足する取付位置 $j$ の組み合わせを、記憶された演算結果の中か

50

ら1つ抽出する。

【0046】ステップ(4-3)で、静翼  $i = 2$  が静翼  $i = 1$  と同一運転時期に同一取付位置となる場合があるか(Yes)否か(No)を判定する。

【0047】ステップ(4-3)の判定がYesならば、ステップ(4-6)で、静翼  $i = 2$  について、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせが、記憶された演算結果の中に存在するか(Yes)否か(No)を判定する。

【0048】ステップ(4-6)の判定がYesならば、ステップ(4-7)で、静翼  $i = 2$  について、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせを、記憶された演算結果の中から1つ抽出する。そして、その抽出された別の取付位置  $j$  の組み合わせについてステップ(4-3)の判定を行う。

【0049】ステップ(4-3)の判定がNoとなる迄、ステップ(4-3)→(4-6)→(4-7)を繰り返す。

【0050】ステップ(4-6)の判定がNoならば、ステップ(4-8)で、 $i = 1$  として、即ち静翼  $i = 1$  について、ステップ(4-2)の演算を行う。即ち、静翼  $i = 1$  について  $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせを、記憶された演算結果の中から抽出する。これと共に、ステップ(4-9)で、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足しない静翼の数  $r = 14$  が入力され、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足しない静翼の数の最小値  $R$  が入力されていないので、判定がYesとなる。

【0051】ステップ(4-9)の判定がYesならば、ステップ(4-10)で、 $R = r$ 、即ち  $R = 14$  を

入力する。

【0052】ステップ(4-11)で、取付位置の組み合わせの演算結果と各々の静翼の交換時期を記憶する。

【0053】ステップ(4-3)の判定がNoならば、静翼  $i = 2$  については、ステップ(4-4)の判定がNoであるので、ステップ(4-5)で、 $i = 3$  として、ステップ(4-2)の演算を行う。

【0054】(4)次に、ステップ(4-2)で、静翼  $i = 3$  について、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する取付位置  $j$  の組み合わせを、記憶された演算結果の中

から1つ抽出する。

【0055】ステップ(4-3)で、静翼  $i = 3$  が静翼  $i = 1$ 、及び静翼  $i = 2$  と同一運転時期に同一取付位置となる場合があるか(Yes)否か(No)を判定する。

【0056】ステップ(4-3)の判定がYesならば、ステップ(4-6)で、静翼  $i = 3$  について、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせが、記憶された演算結果の中に存在するか(Yes)否か(No)を判定する。

【0057】ステップ(4-6)の判定がYesならば、ステップ(4-7)で、静翼  $i = 3$  について、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせを、記憶された演算結果の中から1つ抽出する。そして、その抽出された別の取付位置  $j$  の組み合わせについてステップ(4-3)の判定を行う。

【0058】ステップ(4-3)の判定がNoとなる迄、ステップ(4-3)→(4-6)→(4-7)を繰り返す。

【0059】ステップ(4-6)の判定がNoならば、ステップ(4-8)で、 $i = 2$  として、即ち静翼  $i = 2$  について、ステップ(4-2)の演算を行う。即ち、静翼  $i = 2$  について  $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足する別の取付位置  $j$  の組み合わせを、記憶された演算結果の中から抽出する。これと共に、ステップ(4-9)で、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足しない静翼の数  $r = 13$  が入力され、 $2D_1 < 2D_{i+1n} < 2D_u$  を満足しない静翼の数の最小値  $R = 14$  であるため、判定がYesとなる。

【0060】ステップ(4-9)の判定がYesならば、ステップ(4-10)で、 $R = r$ 、即ち  $R = 13$  を入力する。

【0061】ステップ(4-11)で、取付位置の組み合わせの演算結果と各々の静翼の交換時期を記憶する。

【0062】ステップ(4-3)の判定がNoならば、静翼  $i = 3$  については、ステップ(4-4)の判定がNoであるので、ステップ(4-5)で、 $i = 4$  として、ステップ(4-2)の演算を行う。

【0063】そして、得られた取付位置  $j$  の組み合わせの演算結果に基づいて、第2回目の定期点検から第  $n$  回目の定期点検迄の今後予定される定期点検における最大き裂長さ  $2D_{i+1k}$  を演算する。また、各々の定期点検における最大き裂長さ  $2D_{i+1k}$  に基づいて、各々の定期点検における限界損傷量  $2D_u$  に対する最大き裂長さ  $2D_{i+1k}$  の比(以下、損傷度と称す。)  $2D_{i+1k} / 2D_u$  を演算する。そして、取付位置演算装置4は、取付位置  $j$  の組み合わせの演算結果(各静翼の各定期点検間の取付位置と、廃棄する静翼があれば、静翼を廃棄する定期点検の時期  $n$  と、最大き裂の許容限界範囲の下限值  $2D_1$  に達しない静翼の数  $x$ )と、各々の静翼の各々の定期点検における最大き裂長さ  $2D_{i+1k}$  と、各々の静翼の各々の定期点検における損傷度  $2D_{i+1k} / 2D_u$  と(以下、取付位置の組み合わせ演算結果等と称す。)を表示装置5に入力する。

【0064】表示装置5において、取付位置の組み合わせの演算結果等を、図或いは表として表示する。例えば、縦欄に静翼の識別子  $i$  (但し、 $i = 1 \sim 30$ )、横欄に第  $k$  回目迄の各々の定期点検を示す表において、それぞれに対応する取付位置の識別子  $j$  (但し、 $j = 1 \sim 15$ )を表示する。或いは、前記の表において、それぞ

れに対応する最大き裂長さを表示する。或いは、前記の表において、それぞれに対応する損傷度を表示する。また、最大き裂の許容限界範囲の下限值 $2D_1$ に達しない静翼の識別子 $i$ 、或いは取付位置 $j$ を数値で表示する。また、最大き裂の許容限界範囲の下限值 $2D_1$ に達しない静翼の数 $x$ を数値で表示する。また、使用中の静翼を示す模式的な図において、各静翼の損傷度を明暗或いは色替えにより、表示する。

【0065】点検員は、表示装置5の表示に従い、予定される定期点検時に静翼の配置替えを行うと共に、廃棄

しなければならない静翼を未使用の静翼に交換する。【0066】第1回目以降の定期点検時に、初めて取付位置の組み合わせの演算を行う場合等は、初期き裂のかわりに、過去の定期点検時に検出した最大き裂長さを

用いても良い。【0067】続いて、ガスタービンを使用してから第 $t$ 回目の定期点検時に取付位置の組み合わせの演算を行うものとする。点検員は、第 $t$ 回目の定期点検時に検出した最大き裂長さ $2D_{i,t}$ と、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_k$ （但し、 $k=t\sim(t+4)$ ）とを入力装置1に入力する。そして、入力装置1は、演算開始信号を記憶装置7に入力する。一方、入力装置1は、最大き裂長さ $2D_{i,t}$ と今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_k$ とを損傷進展量演算装置3に入力する。

【0068】記憶装置7は、演算開始信号を受けて、取付位置 $j=1\sim 15$ に対応する損傷進展曲線 $\chi_j$ を損傷進展量演算装置3に入力する。

【0069】損傷進展量演算装置3において、静翼 $i=1\sim 15$ の最大き裂長さ $2D_{i,t}$ と、取付位置 $j=1\sim 15$ の損傷進展曲線 $\chi_j$ と、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_k$ とに基づいて、今後予定される定期点検の各々の間の最大き裂の進展量 $d2D_{i,k}$ を演算する。そして、損傷進展量演算装置3は、今後予定される定期点検の各々の間の最大き裂の進展量 $d2D_{i,k}$ を取付位置演算装置4に入力する。\*

$$\log 2 a = G_1 \cdot N$$

但し、 $G_1$ は定数を示す。さらに(4)式を微分して、次式を得る。

$$G_1 = 1/a \cdot da/dN$$

損傷進展係数演算装置8において、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ と、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ と、ガスタービンの起動・停止回数 $N_1$ とに基づいて、負荷1回当たりのき裂の進展量の対数（以下、損傷進展係数と称す。） $G_1$ を、静翼 $i=1\sim 15$ について演算する。一方、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ と上記実施例1と同様に演算して得た作用応力 $\sigma_1$ とを、(1)式に代入して、第1回目の定期点検時の最大き裂の応力拡大係数 $K_{i,1}$ を演算する。(2)式に、応力拡大係数 $K_{i,1}$ と材料データベース13に記

\* 損傷進展量演算装置3以降の演算は、上記の第1回目の定期点検時に行う取付位置の組み合わせの演算と同様である。

【0070】以上第一の実施例では、構造部材に発生した損傷の大きさとして、ガスタービンの静翼の表面に発生したき裂の長さを代表値としたが、ガスタービンの静翼の表面から内部方向へのき裂の深さを代表値としても良い。この場合は、表面のき裂の長さとは表面から内部方向へのき裂の深さとの関係を、実験あるいは実機データから予め求めておく。

【0071】図5に、本発明の構造部品の保守管理装置の第二の実施例の構成図を示す。

【0072】本発明の構造部品の保守管理方法の第二の実施例として、ガスタービンを使用してから1年経過後の第1回目の定期点検時の、15枚から成る初段静翼の保守管理方法について説明する。

【0073】点検員は、第1回目の定期点検時に、静翼の表面に発生したき裂の長さ及びその位置を検出する。そして、点検員は、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ と、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ と、ガスタービンの起動・停止回数 $dN_1$ と、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_2, dN_3, \dots, dN_n$ とを入力装置8に入力する。そして、入力装置8は、初期き裂長さ $2D_{i,0}$ と、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ と、ガスタービンの起動・停止回数 $dN_1$ とを、損傷進展係数演算装置9及び材料データベース13に入力する。一方、入力装置8は、今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数 $dN_k$ （但し、 $k=2\sim 5$ ）とを損傷進展量演算装置10に入力する。

【0074】一般に、き裂の長さ $2a$ と破断に至る負荷繰返し数 $N_f$ に対する負荷繰返し数 $N$ の比（以下、寿命比と称す。） $N/N_f$ の間には、実験的に図6のような関係が成立する。係る関係は、次式に近似することができる。

【0075】

【数4】

$$\dots (4)$$

\* 【0076】

※40 【数5】

$$\dots (5)$$

憶される材料定数 $C, m$ とを代入して、第1回目の定期点検時のき裂進展速度 $dD_{i,1}/dN_1$ を演算する。

(5)式に、最大き裂長さ $2D_{i,1}$ とき裂進展速度 $dD_{i,1}/dN_1$ とを代入して、 $G_1 = 1/D_{i,1} \cdot dD_{i,1}/dN_1$ を得る。係る損傷進展係数 $G_1$ は、静翼の取付位置に依存するものである。ここで、第1回目の定期点検時では、 $i=j$ であるため、静翼 $i=1\sim 15$ について演算した損傷進展曲線が、取付位置 $j=1\sim 15$ の損傷進展係数 $G_1$ に対応する。そして、損傷進展係数

演算装置 8 は、損傷進展係数  $G_1$  を損傷進展量演算装置 3 及び記憶装置 7 に入力する。

【0077】損傷進展量演算装置 10 において、損傷進展係数  $G_1$  に今後予定される定期点検の各々の間のガスタービンの起動・停止回数  $dN_2$ 、 $dN_3$ 、 $dN_4$ 、 $dN_5$  を乗じて、今後予定される定期点検の各々の間の最大き裂の進展量  $d2D_{i12}$ 、 $d2D_{i13}$ 、 $d2D_{i14}$ 、 $d2D_{i15}$  を演算する。そして、損傷進展量演算装置 10 は、今後予定される定期点検の各々の間の最大き裂の進展量  $d2D_{i12}$ 、 $d2D_{i13}$ 、 $d2D_{i14}$ 、 $d2D_{i15}$  を取付位置演算装置 11 に入力する。取付位置演算装置 11 以降の演算は、上記の第一の実施例に示す取付位置演算装置 4 以降の演算と同様である。

【0078】本発明によれば、ガスタービンの静翼の各々の取付位置における損傷進展曲線或いは損傷進展係数（以下、損傷進展曲線等と称す。）を演算し、損傷進展曲線等に基づいて、今後予定される定期点検の各々の間の取付位置の組み合わせを演算し、表示するため、点検員は、表示に従い、予定される定期点検時に静翼の配置替えをすることができ、ガスタービンの静翼を寿命に至る寸前迄、有効に使用することができる。

【0079】また、本発明は、ガスタービンを複数軸有する発電所の静翼の全てを対象として、取付位置の組み合わせの演算を行うことができる。ガスタービンを複数軸有する発電所においては、ガスタービン毎に運転条件が異なることが多いことから、ガスタービン毎に許容限界範囲  $D_1 \sim D_n$  をを設定する。各ガスタービンの取付位置の組み合わせの演算は、運転条件が厳しいガスタービンから順に行う。ここで、運転条件が厳しいとは、一定期間内の使用時間が多い、一定期間内の使用回数が多い、静翼の使用環境温度が高い等をいう。例えば、ガスタービン a、b、c・・・の順に運転状態が厳しく、それぞれの交換の基準となる最大き裂長さの許容限界範囲を  $D_{a1} \sim D_{an}$ 、 $D_{b1} \sim D_{bn}$ 、 $D_{c1} \sim D_{cn}$ ・・・（尚、 $D_{a1} < D_{b1} < D_{c1}$ ・・・）とする。ガスタービン a について、最大き裂長さが  $D_{a1}$  以下の翼を対象として取付位置の組み合わせの演算を行う。ガスタービン a で使用されなかった最大き裂長さが  $D_{a1}$  以下の静翼を、最大き裂長さが  $D_{b1}$  以下の静翼に取り込み、ガスタービン b について取付位置の組み合わせの演算を行う。ガスタービン b で使用されなかった最大き裂長さが  $D_{b1}$  以下の静翼を、最大き裂長さが  $D_{c1}$  以下の静翼に取り込み、ガスタービン c について取付位置の組み合わせの演算を行う。

【0080】また、静翼の最大き裂長さ及びその位置と取付位置に対応する損傷進展曲線等を記憶装置に記憶することにより、許容限界範囲の下限値  $D_1$  に達していない未だ使用可能な静翼を一時保管して、前記保管された静翼も含め取付位置の組み合わせの演算を行うことができる。これにより、点検員は、静翼に補修を施す場合、定期点検の期間中に補修を行わず、保管して補修を行う

ことができるため、定期点検の期間を短縮することができる。発電所の効率を向上することができる。

【0081】また、限界損傷量に至る迄の負荷繰返し数が著しく少ない、即ち損傷進展曲線の勾配或いは損傷進展係数の値が著しく大きい取付位置に対しては、通常の静翼材よりも疲労或いはクリープに対して強度の高い材料から成る静翼を採用する。強度を向上するには、静翼の材質をかえたり、静翼の表面にコーティングを施したり、熱処理等に静翼の組織をかえたりすること等が考えられる。係る強度の高い静翼を使用する場合は、既知の静翼材の寿命に対する強度の高い静翼材の寿命の比を予め演算し、既知の静翼材の損傷進展曲線等に前記比を乗じ、得られた損傷進展曲線等を強度の高い静翼の損傷進展曲線等として扱う。

【0082】また、ガスタービンの軸に対して周方向に、燃焼器が複数個設けられるガスタービンにおいては、静翼の配置替えのかわりに、燃焼器の出力調整、或いは燃焼ノズルの配置替えを行っても良い。燃焼器の出力調整を行う場合、取付位置演算装置において、現在の燃焼器の出力量に、静翼の損傷度の逆数と、係数  $\alpha$  とを掛けて燃焼器の出力量を演算する。表示装置において、演算された燃焼器の出力量を、表、或いは図として表示する。

【0083】また、ガスタービンの初段静翼に限らず、ガスタービンの第 2 段目以降の静翼、ガスタービンの動翼、蒸気タービンの静翼及び動翼、燃焼器のライナ（内筒）及びトランジションピース（尾筒）についても、本発明は有効である。

【0084】例えば、ガスタービンの動翼は、回転部材であるため、動翼の破壊に至る寿命が取付位置に依存してばらつくことが少ない。しかしながら、ガスタービンを複数軸有する発電所においては、ガスタービン毎に、使用条件等が異なるため、各ガスタービンで、動翼の破壊に至る寿命が異なる。よって、ガスタービン毎に、損傷進展曲線等を演算し、これに基づいて動翼を取り付けるガスタービンの組み合わせを演算する。

【0085】

【発明の効果】本発明によれば、損傷進展曲線演算装置或いは損傷進展係数演算装置が構造部品の各取付位置における損傷進展曲線等を演算し、取付位置演算装置が損傷進展曲線等に基づいて予定される各定期点検間の取付位置の組み合わせを演算し、表示装置が取付位置の組み合わせの演算結果を表示するため、点検員等が、表示に従い、予定される将来の時点で構造部品の配置替えを行うことができ、これにより、構造部品を寿命に至る寸前迄、有効に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】構造部品中の損傷量と負荷繰返し数との関係。

【図 2】本発明の構造部品の保守管理装置の第一の実施

例の構成図。

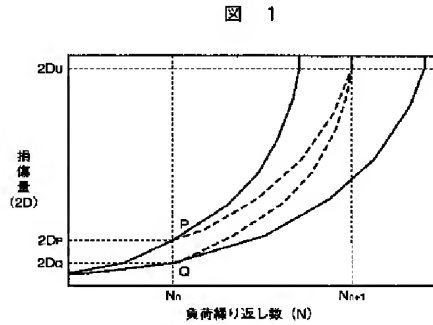
【図3】定期点検時に検出したガスタービン静翼表面に発生した最大き裂長さの模式図。

【図4】取付位置の組み合わせの演算のフロー図。

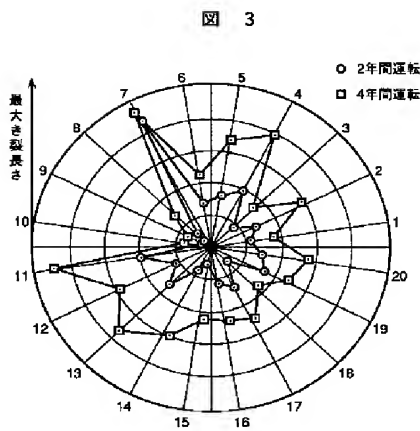
【図5】本発明の構造部品の保守管理装置の第二の実施例の構成図。

\*

【図1】



【図3】

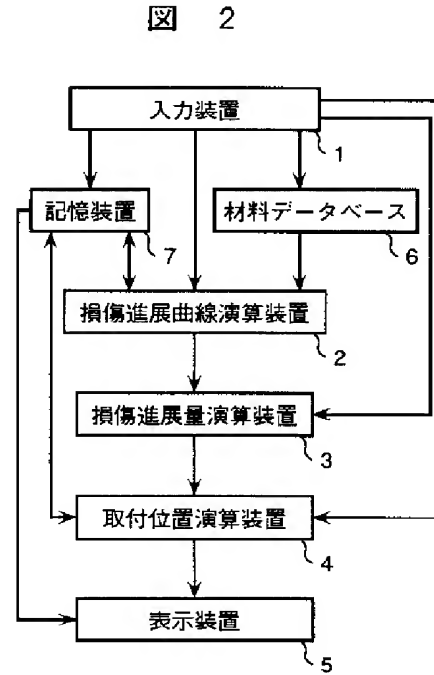


\* 【図6】き裂長さと寿命比との関係を示す図。

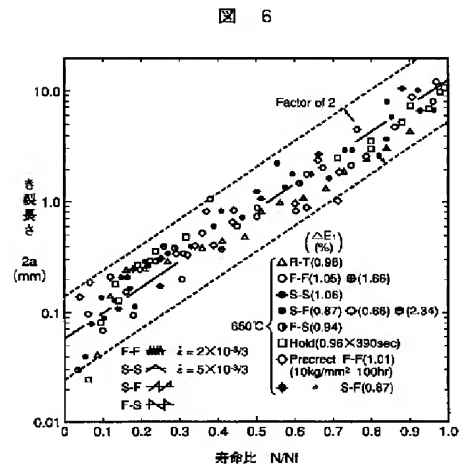
【符号の説明】

1, 8…入力装置、2…損傷進展曲線演算装置、3, 10…損傷進展量演算装置、4, 11…取付位置演算装置、5, 12…表示装置、6, 13…材料データベース、7, 14…記憶装置、9…損傷進展係数演算装置。

【図2】

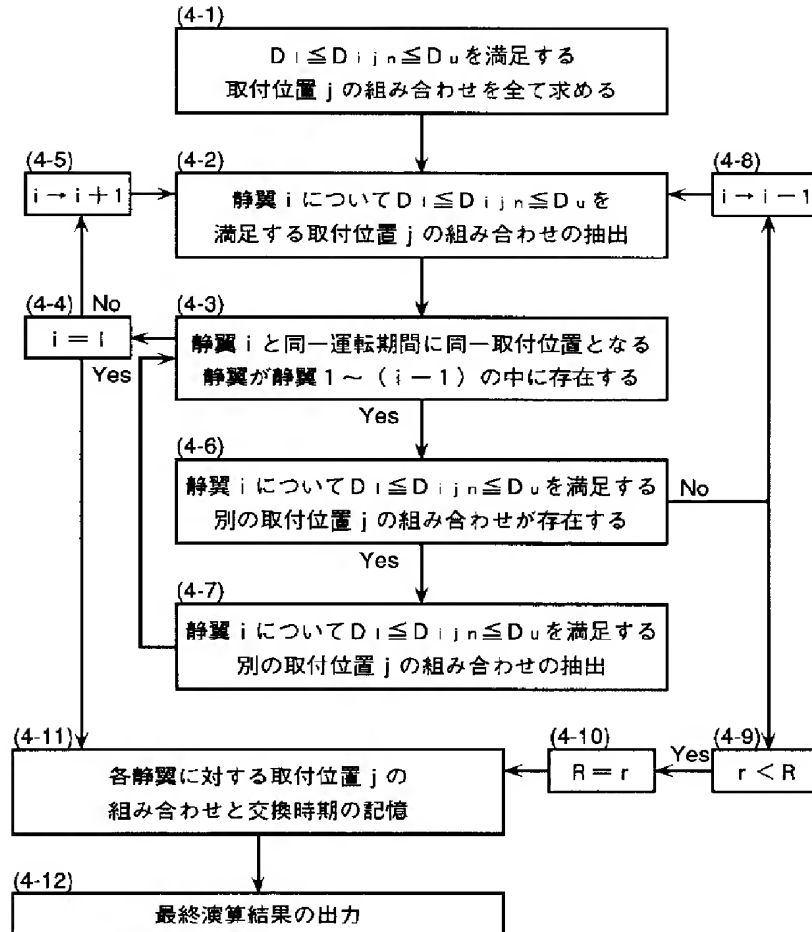


【図6】



【図4】

図 4



【図5】

図 5

